

報 文

ICP - MS による底質中の金属分析への適応性

安部隆司 八重樫香 齋藤憲光 (環境保健研究センター) 中村 環 (盛岡市水道部)

底質中の金属を対象に、ICP-MS で分析する方法について検討を行った。

- 1 ICP - MS 法は、従来の原子吸光法等の欠点をカバーして目的元素の一斉分析が可能となった。
 - 2 分解法としてマイクロウェーブ分解を併用することにより、従来法に比べて分析精度の向上を図ることが出来た。
- 以上のことからマイクロウェーブ分解 - ICP-MS 法は、行政検査における底質中の金属分析に充分適応可能であると判断された。

1 はじめに

今回、底質中の金属を対象に ICP-MS で分析する方法について検討を行った。

岩手県でも、河川・湖沼及び海域の底質調査を実施しており、昨年度は 19 件のサンプルが持ち込まれ、本年度も 13 件のサンプルを予定している。

従ってここでは、行政検査に直接反映される研究テーマを取り上げた。

今回、ICP-MS で底質中の金属を、精度良く分析する方法の開発を行ったので報告する。

底質中の金属は、底湿を直接に機器にかけて分析することはできないので、これまでは酸による分解操作後、原子吸光で分析する方法が公定法である。

しかし、原子吸光法は感度が悪く、底質を酸分解した溶液を濃縮しなければならない。

酸分解後に、ICP-発光で測定している分析機関もあるが、分析項目にヒ素があると還元気化法が必要になり、多種類の金属と一斉分析できないという欠点がある。

一方、ICP-MS では約 1000 倍以上も感度良く測定できるために、サンプルを希釈して分析を行うことになる。

ルーチン分析を行う場合、サンプルを 10 倍濃縮して原子吸光法で測定するのと、希釈して ICP-MS で測定するのは、濃縮操作に伴う分析精度や前処理に要する分析時間が大きく異なり、原子吸光法よりも ICP-MS の方が断然優れている。

2 実験方法

(1) サンプル分解方法の検討

乾燥後にメノウ乳鉢で粉碎し均一化したサンプル 0.5 g を用いた。公定法の熱版上での酸分解は煩雑なため、マイクロウェーブ分解装置(ETHOS900 マイルストーン社製)による有用性も検討した。

(2) 内標準元素の検討

底質中には殆どの元素が存在しているため、サンプル中に存在しないか又は微量(内標準に対して 1 %未満)であり、測定する元素の質量数、イオン化ポテンシャル等がよく似た性質の元素を検討した。

表 1 マイクロウェーブプログラム

Step	Time (min)	Power (watt)	Temp (°C)
1	2:00	250	100
2	3:00	0	100
3	5:00	250	100
4	5:00	400	100
5	5:00	600	100
6	20:00	400	100

Total Time 45:00 (VENT Time 5:00 を含む)

3 実験結果及び考察

マイクロウェーブ分解装置(ETHOS900 マイルストーン社製)による有用性も検討した。

内容量 100 ml のテフロン製の高压分解容器に乾燥し、メノウ乳鉢で粉碎し均一化したサンプル 0.5 g、に硝酸 9 ml 及び過酸化水素 1 ml 入れて、試料が酸に十分に浸る状態でローターにセットした。

高压分解容器の外部温度を 100 に固定した状態で、マイクロウェーブパワーを表 1 に示したとおり 6 ステップに分けて分解した。

これは高压分解容器内での突沸等で急激な圧力上昇試料中の有機物量により、試運転して最適なプログラムに変更する必要があるが、今回用いた底質は基本的なプログラムで完全に分解することが可能であった。

表 2 は、宮古湾の底質 0.5g 中の元素含有量を示した。

この濃度の単位は mg/kg で表示しているが、環境水と異なり、様々な金属がそれぞれ大きく異なった濃度で存在することがわかる。

この試料を直接に、又は濃縮して従来法で分析した場合は、バックグラウンドが非常に高く、補正が難しいために正しい測定が行われたかの判断が、非常に難しい分析法である。

表 2 底質中の元素含有量 (mg/kg)

Fe	72000	Zr	2.2
Al	22000	B	1.1
Mg	17000	Co	0.78
Mn	2800	Yb	0.68
K	2400	Li	0.66
Na	1700	U	0.66
Ca	980	Cr	0.54
Y	120	Be	0.46
Zn	85	Ni	0.19
Cu	43	Cd	0.15
Ba	34	Br	0.11
Pb	17	Bi	0.11
Tl	9.2	Ag	0.022
As	8.1	Pt	0.0032
V	5.2	Au	0.0020
In	5.2	Te	nd

宮古湾の底質 0.5g

Y, Tl, In は、環境水分析の際に一般に ICP-MS の内標準として使用してきた元素だが、底質中の存在量が大きく、ICP-MS を用いる底質分析の内標準として使用できないことがわかる。

表 3 内標準及び検量線範囲等

	内標準	検量線範囲 ($\mu\text{g/l}$)	定量下限 (mg/kg)	サンプル の希釈倍
⁶³ Cu	⁵⁹ Co	0.5 ~ 10	10	100
⁶⁵ Cu	⁵⁹ Co	0.5 ~ 10	10	100
⁶⁴ Zn	⁵⁹ Co	0.5 ~ 10	10	100
⁶⁶ Zn	⁵⁹ Co	0.5 ~ 10	0.1	100
⁷⁵ As	⁵⁹ Co	0.01 ~ 5	0.1	50
¹¹¹ Cd	¹²⁵ Te	0.01 ~ 5	0.1	50
¹¹⁴ Cd	¹²⁵ Te	0.01 ~ 5	0.1	50
²⁰⁶ Pb	²⁰⁹ Bi	0.5 ~ 10	1	10
²⁰⁸ Pb	²⁰⁹ Bi	0.5 ~ 10	1	10

が生じて、高压分解容器の変形や内容物の流出を防ぐためである。

分解後、内容物をろ過し、100 mL にメスアップして分析試料とした。

今回は、底質中の濃度に左右されない、Co, Bi, Te を内標準として使用可能か検討したが、底質サンプルの ICP-MS で安定したイオン化がえられ、内標準として使用できるということが確かめられた。

表 3 は先に説明した元素を内標準に使用して、測定する金属の検量線範囲を検討したものである。

同時に、行政検査での報告下限値と、目安となるサンプルの希釈倍率を示した。

ICP - MS で分析した場合、求められている報告下限値は、検体を希釈して測定しても十分可能な範囲である。

表 4 ブランク値の平均値及び標準偏差値 ($\mu\text{g/l}$)

	マイクロウェーブ分解		公定法による分解	
	AV	SD	AV	SD
⁶³ Cu	0.674	0.10	1.423	0.35
⁶⁵ Cu	0.686	0.09	1.426	0.36
⁶⁴ Zn	3.304	0.81	8.786	4.78
⁶⁶ Zn	3.418	0.84	9.057	4.95
⁷⁵ As	0.000	0.00	0.033	0.03
¹¹¹ Cd	0.000	0.00	0.032	0.02
¹¹⁴ Cd	0.000	0.00	2.061	2.92
²⁰⁶ Pb	0.095	0.04	4.292	6.71
²⁰⁸ Pb	0.115	0.04	4.329	6.78

注) AV : ブランク6個の測定値の平均値
SD : ブランク6個の測定値の標準偏差値

表 4 にマイクロウェーブ分解と公定法による分解を用いてブランクを測定したものを示す。

マイクロウェーブ分解の方はブランク値が小さく、測定値のバラツキも小さいことから、分解に 2 日前後を要する公定法に比べてマイクロウェーブ分解の方は有用性がある。

表 5 ¹¹¹Cd の測定値

No.	マイクロウェーブ分解			公定法による分解		
	濃度 (mg/kg)	回収量 (mg/kg)	回収率 (%)	濃度 (mg/kg)	回収量 (mg/kg)	回収率 (%)
1	0.14	1.17	102	0.15	1.23	108
2	0.14	1.13	98	0.16	1.18	103
3	0.15	1.21	106	0.14	1.17	102
4	0.15	1.13	98	0.20	1.17	102
5	0.16	1.13	98	0.21	1.22	107
6	0.15	1.13	98	0.22	1.18	103
mean	0.15	1.15	100	0.18	1.19	104
SD	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	2.6
CV	5.1	2.9	3.3	19.5	2.2	2.5

1) 標準を 1 mg/kg 添加

2) 標準物質を添加した試料の測定結果を回収量とする

表 5 は宮古湾の底質を試料として ^{111}Cd の添加回収試験の結果を示した。

公定法の試料濃度がマイナスの値を示していること及び回収量の変動が大きいのは、ブランク値が高いこと及び酸分解が不完全なため低濃度の目的元素のイオン化が十分に出来なかったことなどが原因と考えられる。

マイクロウェーブ分解の方が良好な添加回収率で、かつ、測定値の変動も少なく、分析精度の著しい向上が認められた。

表 6 ^{64}Cu の測定値

No	マイクロウェーブ分解			公定法による分解		
	濃度 (ng/kg)	回収量 (ng/kg)	回収率 (%)	濃度 (ng/kg)	回収量 (ng/kg)	回収率 (%)
1	41.7	224.1	90.3	43.9	228.3	92.4
2	44.9	231.8	94.2	42.0	232.2	94.4
3	43.4	227.9	92.2	44.1	231.3	93.9
4	43.1	227.7	92.1	44.2	231.2	93.9
5	43.9	223.9	90.2	44.6	228.9	92.7
6	42.8	224.5	90.5	44.4	234.9	95.7
mean	43.4	226.7	91.6	44.4	231.1	93.8
SD	1.1	3.1	1.5	1.0	2.4	1.2
CV	2.5	1.4	1.7	2.2	1.0	1.3

注 標準を20 ng/kg添加

表 7 ^{66}Zn の測定値

No	マイクロウェーブ分解			公定法による分解		
	濃度 (ng/kg)	回収量 (ng/kg)	回収率 (%)	濃度 (ng/kg)	回収量 (ng/kg)	回収率 (%)
1	82.5	267.9	90.3	85.7	257.7	85.2
2	85.2	272.8	92.7	69.4	280.1	96.4
3	83.6	273.1	92.9	82.1	276.7	94.7
4	85.1	259.9	86.3	86.1	279.5	96.1
5	89.7	277.4	95.0	87.6	272.6	92.6
6	84.1	276.2	94.4	87.4	281.0	96.8
mean	85.0	271.2	91.9	83.1	274.6	93.6
SD	2.5	6.5	3.2	7.0	8.8	4.4
CV	2.9	2.4	3.5	8.4	3.2	4.7

注 標準を20 ng/kg添加

表 8 ^{75}As の測定値

No	マイクロウェーブ分解			公定法による分解		
	濃度 (ng/kg)	回収量 (ng/kg)	回収率 (%)	濃度 (ng/kg)	回収量 (ng/kg)	回収率 (%)
1	8.19	26.07	89.9	8.48	25.24	85.7
2	7.79	25.87	88.9	7.48	25.90	89.0
3	8.33	26.87	93.9	8.45	25.99	89.5
4	8.15	25.22	85.6	8.86	25.32	86.1
5	8.34	26.33	91.2	8.74	25.48	86.9
6	7.82	26.16	90.3	8.69	24.63	82.7
mean	8.10	26.09	89.9	84.5	25.43	86.6
SD	0.2	0.5	2.7	0.9	0.5	2.5
CV	3.0	2.1	3.0	5.9	1.9	2.9

注 標準を20 ng/kg添加

表 9 ^{210}Pb の測定値

No	マイクロウェーブ分解			公定法による分解		
	濃度 (ng/kg)	回収量 (ng/kg)	回収率 (%)	濃度 (ng/kg)	回収量 (ng/kg)	回収率 (%)
1	16.6	36.4	98.7	15.8	36.1	97.2
2	17.7	36.3	98.4	15.7	35.8	95.7
3	16.8	38.8	111.0	16.1	36.4	99.1
4	16.7	34.5	89.5	15.4	35.9	96.3
5	16.7	36.5	99.6	16.9	35.9	96.5
6	16.5	36.4	98.9	15.9	35.7	95.2
mean	16.8	36.5	99.3	16.0	35.9	96.6
SD	0.4	1.4	6.9	0.5	0.3	1.4
CV	2.6	3.8	6.9	3.1	0.8	1.4

注 標準を20 ng/kg添加

表 6 ~ 9 に示した他の元素については、試料中の存在量が多いため、マイクロウェーブ分解及び公定法による分解の添加回収試験の結果に大きな差はなく、良好な測定値を得ることが出来た。

4 まとめ

原子吸光法や ICP 発光法では、As 含めた 5 元素の一斉分析が出来ないが、ICP - MS 法では、底質中の Cu、Zn、As、Cd、Pb の 5 元素の一斉分析が可能である。

従来の原子吸光法や ICP 発光法で測定しようとした場合、サンプルの濃縮操作が必要で煩雑である。

今回検討した ICP - MS 法は、従来の原子吸光法等の欠点をカバーして目的元素の一斉分析を可能とする。

また、分解法としてマイクロウェーブ分解を併用したことにより、従来法に比べて分析精度の向上を図ることが出来た。

今回開発した分析法は、実際に行政検査に携わる我々にとって、非常に喜ばしい成果である。

これからは、より信頼できる正確な測定値を報告することが可能である。

報 文

化学物質による室内空気汚染に関する調査研究

三浦通利*・佐々木 陽・畠山えり子・菅野 淳**

* 現 工業技術センター

** 現 大船渡地方振興局（大船渡保健所）

研究要旨 当県では 10 住宅のサンプリングと溶媒抽出法による VOCs の測定を分担実施した。

捕集管が異なる 2 つの方法で行ったアクティブ・溶媒抽出法による測定では、気中濃度の総合計量は 夫々 116 ~ 1810 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及び 165 ~ 2417 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であった。2 方法の結果に差が生じた主な原因は、捕集管により測定値が大きく異なる物質があるためであった。特に差が顕著な物質は、ピネンであり、他のテルペン類にも同様の現象がみられた。

テルペン類は、木質材料が多用される我が国住居内の空気中には比較的高濃度に存在するため、我が国におけるトータルとしての揮発性有機化合物の影響を評価する上で存在量の正確な把握が欠かせない測定対象物と思われるが、今後、この種の物質を測定対象とする場合に採用すべき測定方法（特に捕集管の選択）を考える上で留意すべき問題が明らかになった。

A . 研究目的

室内空気中化学物質を総合的に評価するため、総揮発性有機化合物（TVOC）の測定方法の確立と我が国における実態調査を行うため、岩手県内の 10 住宅について、統一された手法によるサンプリングと溶媒抽出法による測定を行った。

B . 研究方法

(1) サンプリング方法

試料の採取方法の概要は、表 1 に掲げるとおりであり、3 種類に大別される物質群を対象とし、6 種類の捕集管を用いて行なった。

表 1 サンプリング方法の概要

対象物質群	捕集方法 (測定方法)	使用捕集管	暴露時間又は 吸引流量 × 時間	採取場所
カルボニル 化合物	パッシブ	DSD-DNPH	24 時間	居間、寝室、台所、トイレ、 家具等閉鎖空間 5 か所、 屋外
二酸化窒素	パッシブ	DSD-TEA	24 時間	居間(又は寝室)、台所、 屋外
VOCs	パッシブ (溶媒抽出)	VOC-SD	24 時間	居間(又は寝室)、 屋外
	アクティブ (溶媒抽出)	ORBO91L 単独捕集	100ml/min × 24 時間	居間(又は寝室)、 屋外
	アクティブ (溶媒抽出)	ORBO101 - - ORBO91L 直列捕集	100ml/min × 24 時間	居間(又は寝室)、 屋外
	アクティブ (加熱脱着)	AirToxics (二重測定)	10ml/min × 24 時間	居間(又は寝室)、 屋外(4 住戸のみ)

アクティブ採取に使用したポンプは、流量積算機能を持ち所要の流量が吸引可能な東洋理工製 5 ライン採取装置、ジーエルサイエンス製 SP208-100Dual、SP204-500Dual、GASTEC 製 GSP-250FT のいずれかを用いた。

これら試料の測定は、カルボニル化合物及び二酸化窒素については国立医薬品食品衛生

研究所が、VOCs の加熱脱着については委託研究機関がそれぞれ担当した。従って、他機関が測定を担当する捕集管については、指定された方法で各々の分析機関に送付した。

地方衛生研究所は、VOCs を対象とするパッシブ・溶媒抽出法及びアクティブ・溶媒抽出法による測定を担当した。

当県における調査状況及び調査対象住宅の概況は、表2のとおりである。また、試料採取と併せ各々の調査対象住宅の住人から聞き

取りを行なったアンケートの結果及び試料採取条件等の詳細は、統一された形式で報告した。

表2 調査状況及び調査対象住宅の概況

対象家屋	調査月/日	立地条件	引渡後日数	建築様式	気密性	暖房器具等
IWT-A	12/3~4	住宅地域	2か月	木造戸建	気密	オール電化
IWT-B	12/3~4	住宅地域	3か月	木造戸建	気密	オール電化 + 薪ストーブ
IWT-C	12/4~5	住宅地域	4か月	木造戸建	気密	電熱パネルヒーター
IWT-D	12/4~5	住宅地域	2か月	木造戸建	気密	灯油 温水 床暖房
IWT-E	12/5~6	住宅地域	5か月	木造戸建	気密	灯油クリーンヒーター
IWT-F	12/6~7	住宅地域	1か月	木造戸建	気密	灯油 温水 床暖房
IWT-G	12/7~8	住宅地域	5か月	木造戸建	通常	灯油 FF ファンヒーター
IWT-H	12/11~12	住宅地域	6か月	木造戸建	気密	灯油 FF ファンヒーター
IWT-I	12/14~15	住宅地域	9日目	木造戸建	通常	灯油-温水 温風ヒーター
IWT-J	12/14~15	住宅地域	3か月	木造集合	通常	灯油 FF ファンヒーター

気密性=通常とした住宅は、メーカーが特に気密性を謳っていないものだが、寒冷地なため相当気密性は良い。

(2) 抽出方法

測定を分担した溶媒抽出法の捕集管は、指定された方法（捕集材の活性炭を 4ml バイアル瓶に移し入れ、二硫化炭素 2ml で 2 時間抽出）に準拠して抽出を行なった（アクティブ、パッシブ法とも同じ）が、内標準（トルエン d8）の添加方法は、抽出液に後から添加するのでなく、あらかじめ二硫化炭素に 0.1 µg/ml の濃度で添加しておき、これを正確に 2ml 用いて抽出を行なった。その理由は、バイアル瓶中の活性炭に二硫化炭素を加え、一度振り混ぜた後でフタを開けると、活性炭粒がセプタムの間に入り込み、その後混ぜようとした時に液漏れがおきる（去年の経験からこれが最大の欠点と思われた）のを避けるためである。

また、内標準液を同じシリンジを使って次々添加していくと針先の汚染がキャリーオーバーするおそれもある。内標準入り二硫化炭素を用いた場合でも同様のおそれがあり、これを避けるため 2.5ml ガスタイトシリンジを用い、2.5ml 吸い、2.0ml 注ぎ、針先を拭き、0.5ml 捨てるという操作を繰り返す方法をとった。

(3) 分析方法

GC/MSによる試料液の分析方法は、配布を受けた70成分標準液及び52成分標準液（1成分重複のため測定対象としては計121物質）を用いて、各測定対象物質の保持時間、マス

スペクトルを確認しながら最適と思われる昇温条件、SIMモニターイオン等を設定した。

当所において使用した装置及び分離カラム等の測定条件の概要は、表3のとおりである。

表3 分析装置及び測定条件の概要

GC/MSメーカー・機種	HP 5890/5971A
カラム名&極性	J&W DB-1301 低/中極性
カラムサイズ	60m, 0.25mm, 1 µm
GC/MS注入量	2 µl
スプリット比	20:1
注入口ガラスウール有	有
カラム昇温条件	40 (10min)-3 /min-140 -5 /min-240 -20 /min-300 (8.7min) Total 75.0min
注入口温度	250
検出器温度	(インターフェイス温度) 260

(4) 分析方法の問題点と課題

今回測定対象とした121物質のうち、2-Propanol、Acetone、Dimethoxymethane、Methylacetateの4物質については、保持時間が溶媒の二硫化炭素のピークと重なるか又は非常に感度が悪いため当該物質のピークが確認できなかった。また、Ethanolについては、次に述べる理由から敢えて測定対象から除外したため、測定可能物質は121物質中116物質となった。

Ethanolは、溶媒ピークより早い保持時間でピークが出現するが、感度が悪く、今回検量線の最高濃度の5ng/μlではS/N 8程度、次の段階の2ng/μlではS/N < 3であった。今回使用した混合標準溶液は、100mg/lのメタノール溶液のため、メタノール：二硫化炭素の溶解度の制限から1：20以上で希釈する必要があるため最高濃度が5ng/μlに制限されたが、これでは検量線が1点しかプロットできない。一方、実試料中のEthanolはかなり高濃度なものが多くS/N 50以上にも達するような立派なピークが出現するが、これを希釈して測定したとしても検量線の不確かさや希釈時の揮散のため正確な定量は期待できない。従って、Ethanolを定量するためには、別途、Ethanol専用で二硫化炭素に直接Ethanolを溶解した高濃度の標準液を用いる等の工夫が必要である。

C. 研究結果

各測定結果の生のデータは統一された形式で報告した。

既に設定されている個別物質の室内濃度指針値や総揮発性有機化合物の暫定目標値に照らした場合の結果概要は、次のとおりである。

アクティブ法による採取・測定で、個別物質の指針値を超過したのは、トルエン（指針値260 μg/m³）のみであり、次の2住宅であった。

- ・ F住宅（築後1月）
ORBO91L単独の場合、451 μg/m³
ORBO101 + 91L直列の場合、475 μg/m³
- ・ I住宅（築後9日）
ORBO91L単独の場合、324 μg/m³
ORBO101 + 91L直列の場合、334 μg/m³

仮に、検出物質濃度の合計を総揮発性有機化合物とした場合には、

- ・ ORBO91L単独の場合、濃度合計は116 ~ 1810 μg/m³の範囲であり、最高値はI住宅（築後9日）、以下高濃度順にB(3月)1026 μg/m³、

F(1月)785 μg/m³、J(3月)706 μg/m³、G(5月)580 μg/m³、A(2月)518 μg/m³の順で、以上6住宅が総揮発性有機化合物の暫定目標値(400 μg/m³)を超えていた。

・ ORBO101 + 91L直列の場合、165 ~ 2417 μg/m³の範囲であり、最高値はI住宅（築後9日）、以下高濃度順にA(2月)1186 μg/m³、B(3月)1071 μg/m³、F(1月)909 μg/m³、J(3月)778 μg/m³、G(5月)574 μg/m³の順で、以上6住宅が総揮発性有機化合物の暫定目標値(400 μg/m³)を超えていた。

以上の他、個別物質で特に高濃度な測定値が出現した物質として、 α -ピネンとジクロロメタンが注目される。

α -ピネンは、ORBO101 + 91L直列の場合で、A住宅（築後2月）で545 μg/m³、I住宅（築後9日）で362 μg/m³等の高濃度が出現しているが、ORBO91L単独の場合には、それぞれ6.5 μg/m³、5.5 μg/m³と低濃度の結果が得られており、使用した捕集管による差異が顕著な物質である。

ジクロロメタンは、B住宅（築後3月）でORBO91L単独で742 μg/m³、ORBO101 + 91L直列で657 μg/m³という高濃度を示し、I住宅（築後9日）でも、それぞれ212、215 μg/m³と比較的高濃度であった。

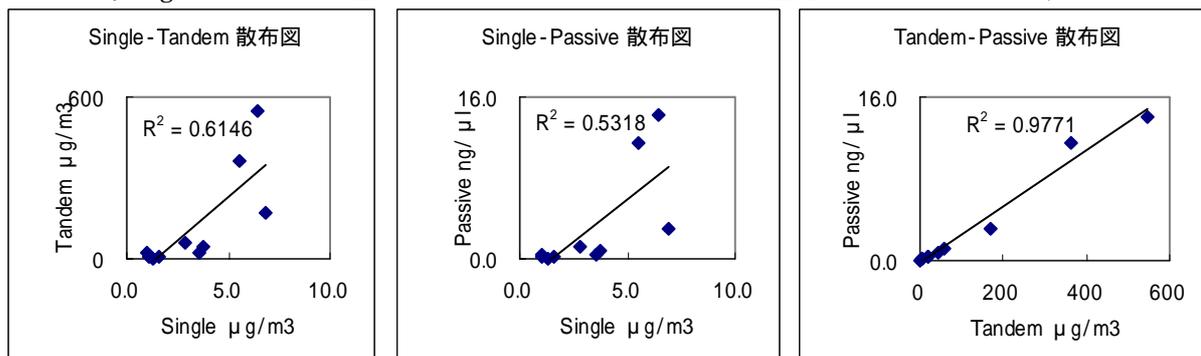
これら2物質について以下に考察を加える。

D. 考察

α -ピネンについて、3種類の捕集方法、つまり、アクティブ法のORBO91L単独(Single) ORBO101 + ORBO91L直列(Tandem)及びパッシブ法のVOC-SD(Passive)で得られた測定値について散布図を描くと図1の如くなる。

これから分かるようにTandemとPassiveの相関は極めて高いが、SingleとTandem、SingleとPassiveの相関は不良であり、ORBO91Lに使用されている吸着材だけが特異的に α -ピネンの捕捉には不適當であったことが明らかである。

図1 3種類の捕集方法における α -ピネンの散布図
(Single : ORBO91L単独 Tandem : ORBO101 + ORBO91L直列 Passive : VOC-SD)



このような現象が起きる作用機序は不明であるが、Singleの測定値とTandemの測定値は数十倍も異なっており、単に吸着の際の「捕集効率が悪い」とか、抽出の際の「離脱が悪い」だけではなく、「分解消失」の可能性もあるのではないかと考えられ、空気環境の評価とは直接関係はないが、学問的には興味深い現象と思われるので、興味のある方は原因解明を行なっていただきたい。

なお、 α -ピネンほどではないが、 β -ピネン、3-Carene、Camphor、Menthol、Camphene等のテルペン類でも同様の傾向（ORBO91L-Singleの測定値が低い）がみられるようである。しかし、Limoneneは大差ない等、物質によって特異な挙動があるようである。

次に、ジクロロメタンについては、室内濃度の指針値は設定されていないが、環境省所管の環境大気分野では有害大気汚染物質として年平均値 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ という環境基準が設定されている。

当県では、昨年度も厚生労働科学研究の分担研究で7住宅を調査した際、築後9か月を経過した1住宅が $623 \mu\text{g}/\text{m}^3$ という高濃度を示し、これがジクロロメタンの全国の最高濃度であった。今年度の調査でも、B住宅（築後3月）のORBO91L単独で $742 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ORBO101+91L直列で $657 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が昨年最高値をも上回り、I住宅（築後9日）の212、 $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$ も環境基準値を超える濃度であった。このようにジクロロメタンは、環境基準値を超える濃度が室内空气中に存在することが明らかである点において注目すべき物質であると考えられる。

当県では昨年度は、 $623 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した1軒だけが飛び抜けて高濃度で、2番目に高い濃度が $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、以下4.6、3.9、 $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、2軒からは不検出であった。今年度も上述の2軒以外は、64.8、18.6、7.0、4.8、 $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （ORBO91L単独とORBO101+91L直列の測定値は大差ないのでいずれか高い方を記載）、3軒からは不検出という状況であり、室内空気汚染の主役物質であるトルエン、キシレン等のように普遍的に高濃度に存在するものではなく、このことは、室内空気汚染物質の主たる放散源である建築材料に使われる塗料、接着剤等に一般的に使用されているものではないことが示唆される。

昨年度最高値を示した1軒は、上述のように築後9か月を経過しており、建材に由来するとみられるトルエン、キシレン等の濃度は低かったため、何らかの家庭用品（鍋等の錆落としに使われるペースト状の磨き粉や家庭園芸用のスプレー殺虫剤、洗剤など）の可能性を疑い聴き取

りしたが思い当たるものは使用しておらず、その後、再調査する暇なく現在に至り原因は特定できていないが、今年度の検出状況を見ても頻度は少ないものの高濃度となる場合の濃度レベルは高く、従って、一般的に使われるものではないにしても、何らかの建築材料が放散源となっている可能性も否定できないという印象を強くしており、これは、早急に原因を究明して対策を講じる必要があると考えられる。

E. 結論

今回の研究では、従来、溶媒抽出法による室内空気環境の測定に使用されてきたORBO91L捕集管が β -ピネンに代表されるテルペン類の測定には不向きであったことが明確となった。

このことは昨年度の全国調査⁽¹⁾でも、溶媒抽出と加熱脱着又はパッシブ捕集との比較検討である程度明らかになってきたことであるが、今回の全国調査で得られた多数のデータを解析することで、その他の物質についても、捕集材による測定値の差異が明確となり、より適切な捕集材の選択、あるいは測定方法の確立に資する知見が得られることが期待される。

とりわけテルペン類は、木質材料が多用される我が国住居内の空気中には比較的高濃度に存在するため、我が国におけるトータルとしての揮発性有機化合物の影響を評価する上で存在量の正確な把握が欠かせない測定対象物と思われるが、今後、この種の物質を測定対象とする場合に採用すべき測定方法（特に捕集管の選択）を考える上で留意すべき問題が明らかになったことは重要な成果である。

また、ここ数年来の集中的な調査研究によりわが国室内空气中化学物質の存在実態はかなり明確になってきたところであり、ジクロロメタンの例のように、他の法令で基準値が設けられている物質、あるいは国際的な指標（例えばWHOの空気質ガイドライン）がある物質については、出現頻度は低くても高濃度に存在することが明らかになったものは、疾病との因果関係が必ずしも明確でなくても、国民の健康を安全サイドからサポートするとともに、メーカーサイドの早急な対応を誘導する意味からも、さらに指針値を追加する等のシステム整備を急ぐ時期に来ているのではないと思われる。

F. 文献

(1) 安藤正典：化学物質過敏症等室内空气中化学物質に係わる疾病と総化学物質の存在量の検討と要因解明に関する研究、厚生科学研究研究費補助金生活安全総合研究事業、平成13年度 総括・分担研究報告書：平成14年3月

地域における家庭のエネルギー消費実態

工藤 浩 千葉 紀穂

地球温暖化対策に係る研究の一環として、県内胆江地区をモデルとして平成 13 年及び 14 年の日常生活に関わる月ごとエネルギー消費を調査した。併せて家計調査から得られる盛岡市のデータを加えて比較検討した。

13 年と 14 年の比較から気象の影響によるエネルギー消費の変動を読み取ることができた。エネルギー消費に対する世帯人員、住宅面積の関係では、世帯人員のほうがより大きく影響している。都市と町村の比較では町村のエネルギー消費が大きく、消費構造の違いも明らかになった。

1 はじめに

気候変動枠組条約の京都議定書の批准を受けて平成 14 年 6 月に地球温暖化対策の推進に関する法律が大幅に改正された。この改正により都道府県及び市町村は、従前の各自治体の事務事業に関する温暖化対策の実行計画策定及び実施状況の公表(第 21 条)に加えて、「その区域の自然的社会的条件に応じて、温室効果ガスの排出の抑制等のための総合的かつ計画的な施策を策定し、及び実施するよう努める」(第 20 条、施行は京都議定書の発効日)ことが求められている。

本県においては、平成 11 年に策定した環境基本計画において CO₂ の削減目標を 1990 年比 8 % と設定し、種々の施策を推進している。また、県のほか 22 市町村で実行計画を策定済み(策定率 38 %) で、その取り組みは高い評価を受けている¹⁾。

しかし前述の法改正に伴い、県はさらに CO₂ 以外の温室効果ガスに関しても同様に、また市町村においては CO₂ を含めてそれぞれの区域での計画策定及び施策推進が求められる。

当センターでは平成 13 年の発足とともに地球温暖化対策に関する政策研究を開始し、平成 14 年に

は統計資料に基づく手法²⁾により基準年の 1990 年から 2000 年までの県内 CO₂ 排出量の経年変化を求めた³⁾。この経験からすれば、市町村の施策とかわりの深い一般家庭のエネルギー消費に関するデータは総務省の家計調査⁴⁾がよりどころとなる。しかしこの調査で公表されているのは県庁所在地についてのみであり、他の市町村においてはよりどころとなる基礎データは皆無と言って過言ではない。また、県庁所在地のデータに基づいて算定した県内推計値が地域の実態と整合しているか懸念が残る。

このため、市町村ごとの CO₂ 排出量算定手法の確立と県内推計値の精度の確認を目的に、一つの生活圈をモデル地区として家庭生活におけるエネルギー消費実態を調査した。調査では自動車の保有状況、自動車燃料の購入量についても調べたが、これらは運輸部門に関わるものであるから別稿で紹介することとし、本稿では民生(家庭)部門に関わる家庭内でのエネルギー消費について報告する。

表-1 モデル地区の概要

	人口(人)	世帯数	面積(k m ²)	産業・特色等
水沢市	61,148	21,385	96.92	胆江広域圏の中核商業都市。 面積は県内 13 市中最小。
江刺市	33,511	9,999	362.50	米作、畜産、果樹等による江刺型農業。 江刺中核工業団地への産業集積。
金ヶ崎町	16,284	5020	179.77	東北有数の工業集積地。米、野菜のほか、山麓の広大な 牧草地では酪農、大型畜産業も。
前沢町	15,400	4,279	72.34	「前沢牛」ブランドの畜産のほか稲作も盛ん。 3ヶ所の工業団地は経済のけん引役。
胆沢町	17,566	4,487	298.02	胆沢扇状地は散居集落が広がる県内有数の穀倉地帯。 良質米と野菜、花卉、畜産との複合経営。
衣川村	5,727	1,385	163.57	農業が基幹産業。 村の 80%以上が森林。

2 調査方法

2-1 モデル地区の概要

調査対象となるモデル地区として胆江広域生活圏を選定した。この地区は県南内陸に位置し、水沢市を中核とした生活圏のまとまりが見られる。また、世帯数は県全体の約 1 割で、市部と町村部の世帯割合も県全体の割合とほぼ一致する。

地区の概要⁵⁾を表-1 にまとめた。水沢市は商業を中心とし、県内 13 市の中で面積が最も小さく一次産業の影響が少ないため中小都市のモデルと位置付けた。周辺町村は肥沃な大地と地域特性を生かした多彩な農業生産が行われており、工業団地への産業集積も進んでいる。江刺市は数多くのブランドに代表される江刺型農業に加えて工業の集積、都市機能の整備も進み、水沢市と周辺町村の特徴をあわせ持つ地域づくりが進められている。

2-2 モニターの抽出

調査対象世帯の目標を 250 世帯と設定し、市町村の世帯比率によって設定したサンプル数を想定受諾率 30～50% で除した 639 世帯を住民基本台帳等から無作為に抽出した(市町村に依頼)。

抽出した世帯に対して文書による協力を依頼したところ、受諾の回答を寄せたのは 86 世帯(13.5%)と想定を大幅に下回った。このため、市町村及び地方振興局の協力を得て、主催イベントの参加者や関係団体に協力を働きかけてもらい、53 名の協力が得られた。また、一旦受諾した方に対して協力してくれる知人の紹介を依頼したところ 17 名の紹介があった。合わせて 156 名をモニターとして調査を行った。

2-3 調査内容

調査内容は大きく基礎調査とエネルギー消費調査に分け、平成 14 年 8 月～15 年 2 月までの間に郵送によるアンケートを 3 回実施した。

第 1 回目の調査は基礎調査とし、主に家族構成、住宅の状況、自動車、冷暖房機器の保有状況について調査した。第 2 回目の調査はエネルギー消費量調査で、振替口座の記録から平成 13 年 1 月から調査月までの月ごとに電気、ガス、灯油の購入額を調査した。第 3 回目の調査は、第 2 回目の調査票を返送して、平成 15 年 1 月までの未記入分について金額と消費量を記入してもらった。

表-2 調査地区の家族構成

	合計世帯数	4人以下		5人以上		平均世帯人員
		世帯数	%	世帯数	%	
水沢市	87	67	77.0%	20	23.0%	3.4
江刺市	28	14	50.0%	14	50.0%	4.4
町村計	41	21	51.2%	20	48.8%	4.6
合計	156	102	65.4%	54	34.6%	3.8

表-3 住宅の状況

	合計世帯数	住宅の構造		住宅の形態		住宅の面積				
		木造	非木造	一戸建て	集合住宅	150m ² 未満	%	150m ² 以上	%	平均面積m ²
水沢市	86	80	6	79	7	42	51.9%	39	48.1%	160
江刺市	27	26	1	26	1	15	60.0%	10	40.0%	146.6
町村	40	39	1	40	0	14	37.8%	23	62.2%	210.4
計	153	145	8	145	8	71	49.7%	72	50.3%	170.7

非木造 8 世帯のうち、6 世帯は集合住宅、2 世帯は戸建て住宅。不明の世帯があり総数は表 - 2 と合わない。

2-4 エネルギー消費量の換算

この調査は「公共料金は口座振替が普及しており、通帳から月ごとの料金を相当期間さかのぼって把握することができる。これに加え、1枚の伝票から契約内容がわかれば料金からエネルギー消費量を逆算できる。」との前提に立っている。

電力消費量は東北電力㈱の料金算定方式から算定した。一部、深夜電力と電灯電力が合算されて料金を区分できないケースがあったが、個々の家庭ではその比率がほぼ一定であることから判明している月の比率で不明分の料金を推計して算定した。また、契約区分が不明のものは最頻区分であった「従量電灯B30アンペア」として算定した。

都市ガス消費量は水沢ガス㈱の料金算定方式から算定した。

LPGガス消費量は供給事業者によって基本料金、従量料金の設定が異なるため、各市町村の主な供給事業者の料金算定方式から算定し、判明している月の消費量と大きく異なる場合は判明部分の比率で補正して推計した。

灯油消費量は月ごとの地区全体の単価を算出して算定した。

年3ヶ月以内の消費量、料金とも不明の月があるものについては、前後月の平均、前後年同月の値を推計値とした。

3 調査結果

3-1 家族構成及び住宅の状況

今回の調査では調査世帯の家族人数は1人から9人家族まで様々であるが、これを家族4人以下、5人以上の世帯に分ける(表-2)と江刺市及び町村では半々であるのに対し水沢市は約8:2であり、また平均世帯人員も水沢市が1人少なくなっている。このことから水沢市と他の市町村では家族構成が大きく異なっていることがわかる。

住宅の状況を表-3に示した。大半が木造一戸建てである。住宅の延べ面積を150m²未満と150m²以上に区分して比較すると、水沢市はほぼ半々であるが、江刺市は150m²未満が、町村では150m²以上が6割を占め、異なった傾向を示した。

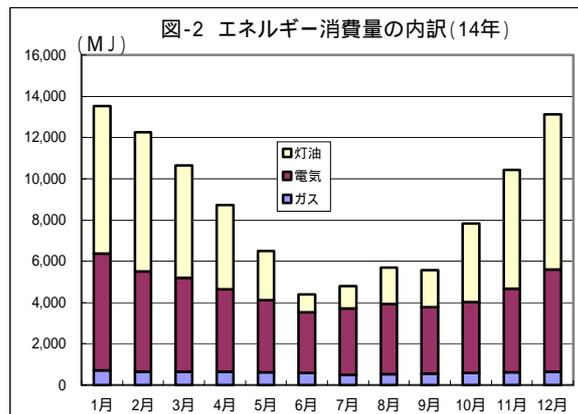
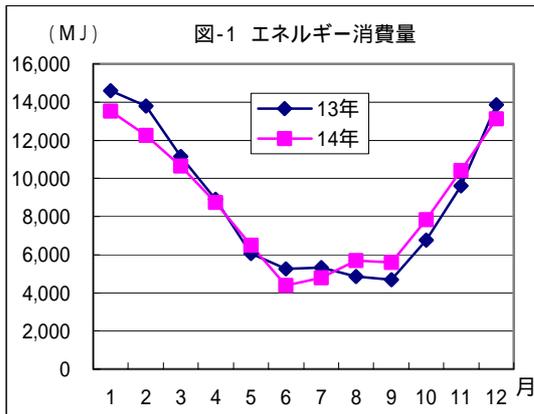


表-4 ジュール換算表

電力	9.0 MJ / kWh	一次投入エネルギー(13年度版総合エネルギー統計)
都市ガス	29.30235 MJ / m ²	水沢ガス株(平成12年ガス事業年報)
LPガス	105.487 MJ / m ²	(平成12年石油等消費構造統計表(商工業))
灯油	36.7 MJ / l	(13年度版総合エネルギー統計)

表-5 年間エネルギー消費(世帯当たり)

	13年		14年		増減		
	MJ / 年	内訳%	MJ / 年	内訳%	MJ / 年	%	内訳%
電力	46,705	45.1%	47,184	45.7%	479	+ 1.03%	+ 0.46%
ガス	7,528	7.3%	7,308	7.1%	-220	- 2.93%	- 0.21%
灯油	49,346	47.6%	48,772	47.2%	-574	- 1.16%	- 0.55%
合計	103,579		103,264		-315	- 0.30%	- 0.30%

合計 0.3%減少の内訳(13年合計に対する割合)。

3-2 エネルギー消費

平成13年と14年の月ごとの世帯当たりエネルギー消費量を図-1に示した。エネルギー消費量は電力、ガス、灯油消費量をジュール換算して合計したもので、換算方法は表4のとおりである。なお、電力のジュール換算に当たっては、本研究がCO₂排出量の算定を目的としているため、一次投入エネルギーで換算した。

エネルギー消費は気象の影響を強く受け、暖房用エネルギーのほか、給湯(深夜電力による電気温水器)用エネルギーにおいても季節変動が見られる。また、日射時間の長さによる影響も考えられる。

図からは13年1月、2月の「強い冬型の気圧配置」、「13年ぶりの低温」、14年1月から4月の「記録的な高温。最も早いさくらの開花」、13年11月の「初冠雪(岩手山)の最遅記録」、14年11月の「記録的な低温、平年より早い初雪」(いずれも気象庁月報)といった気象の影響によるエネルギー消費の変動を読み取ることができる。

14年のエネルギー消費の月別内訳を図-2に示した。灯油は暖房及び給湯(風呂)が主で、特に冬季の暖房の需要が大きい。電力は灯油と同様に冬季に需要が増大するが灯油ほどの変動はない。7月、8月には冷房の需要によると思われる緩やかなピー

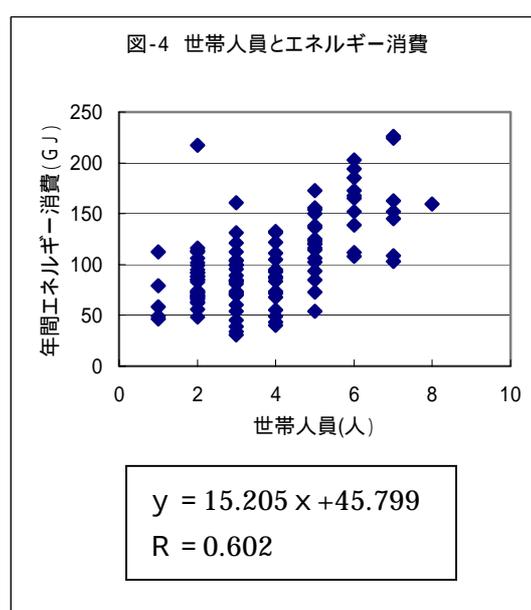
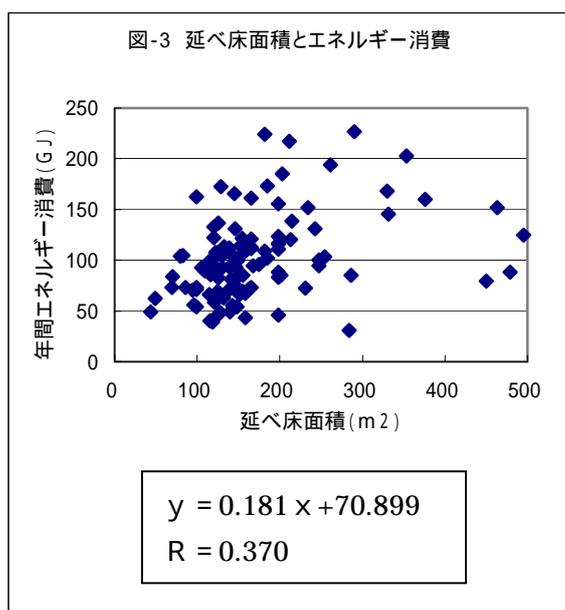


表-6 料金・ジュール換算原単位

	MJ/年	円/年	MJ/円
電気	47,184	111766	0.4222
ガス	7,308	47738	0.1531
灯油	48,772	59289	0.8226

クがある。ガスはエネルギー消費に占める割合が小さく、季節変動も小さい。

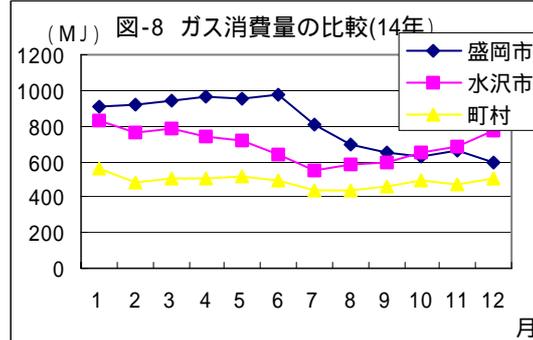
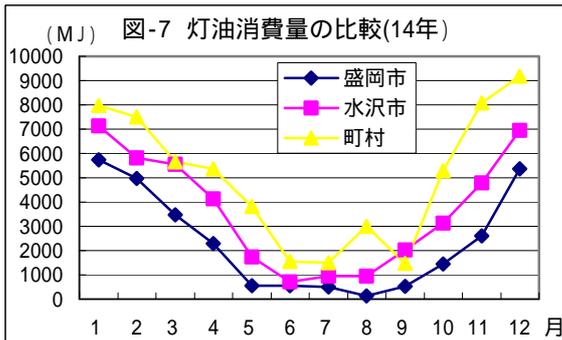
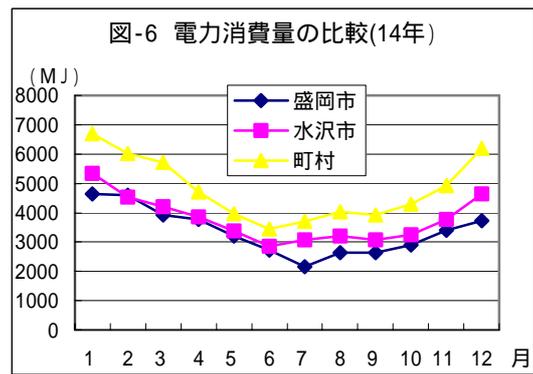
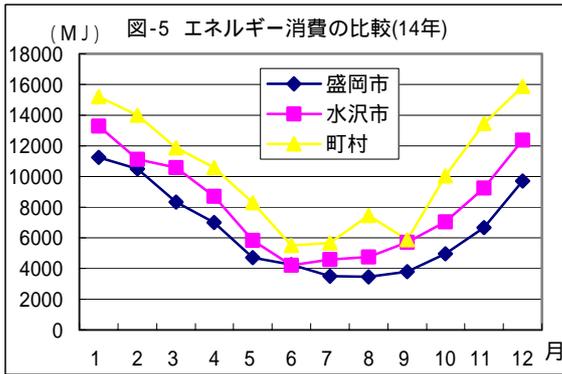
14年の年間合計(表-5)では灯油によるエネルギー消費が47%と最も多く、電力が46%、ガスが7%となっている。14年の総エネルギー消費は13年に比べ0.3%減少しており、その内訳は電力が0.46ポイントの増加、灯油、ガスがそれぞれ0.21、0.55ポイントの減少となっている。ガスレンジから電磁調理器への転換など電力への依存度が増していると見られる。

住宅延べ床面積とエネルギー消費、世帯人員とエネルギー消費の関係を図-3及び4に示した。この図から年間エネルギー消費は住宅延べ床面積より世帯人員との関連が強いことがわかる。

3-3 都市と町村の比較

水沢市と周辺町村のほかに家計調査⁴⁾から得られる盛岡市のデータを加え比較検討を行った。家計調査では、月報から県庁所在地の「電気、ガス、他の光熱」の消費を金額で知ることができる。このうち「他の光熱」には灯油のほかに薪、木炭、豆炭なども含まれるが日常生活での消費は少ないと考えられるため、灯油の消費を示すものとして扱った。金額からジュールへの換算はモデル地区調査で得られた原単位(表-6)を用いた。

図-5は14年の月別エネルギー消費を比較したもので、町村、水沢市、盛岡市の順でエネルギー消費が大きいくことがわかる。この傾向は電気(図-6)、灯油(図-7)についても同様であるが、ガス(図-8)はこの順位が逆で、町村より都市での消費が大きくなっている。これは都市の高層住宅や住宅密集地では暖房や特に給湯の熱源として灯油よりガスのほうが使いやすいことによると考えられる。このことはLPガスに比べて都市ガスの消費は季節変動が大きく現れることからもうかがい知ることができる。



4 まとめ

モデル地区調査により月別の詳細なエネルギー消費構造を明らかにし、その動向をつかむことができた。

日常生活におけるエネルギー消費は気象の影響を大きく受け、平成13年と14年の比較から気象の影響によるエネルギー消費の変動を読み取ることができた。

エネルギー消費の相違に影響する要素として世帯人員や住宅面積が考えられるが、世帯人員の方がより大きく影響していることが明らかになった。水沢市と周辺町村の比較に見られたエネルギー消費の相違は世帯構成の違いによると考えられる。

都市と町村の比較では都市部のエネルギー消費は町村部に比べて少なく、また、ガスの消費に構造的な違いが見られた。これは高層住宅や住宅密集地といった構造、立地条件による影響と考えられる。

今後さらに詳細な調査検討が必要であるが、市町村におけるエネルギー消費は一樣ではなく、市町村ごとのCO₂排出量の算定に当たっては気象条件、世帯構成、住宅構造、立地条件などの地域特性を加味して捉えていく必要がある。

今回の調査結果を踏まえ、県内CO₂排出量についてもより正確な算定ができるよう検討を進めていきたい。

- 1) 三浦秀一；東北地方における地球温暖化対策実行計画の策定状況と公共施設のエネルギー消費に関する調査研究，日本建築学会東北支部研究発表会，2003
- 2) パシフィックコンサルタンツ(株)；岩手県地球温暖化対策県民行動計画(仮称)の作成に係る提案等及び二酸化炭素排出量基礎調査業務委託報告書，2001
- 3) 工藤浩・千葉紀穂；岩手県における二酸化炭素排出量算定の試み，季刊全国環境研会誌 28-1，23-28，2003
- 4) 家計調査月報；総務省統計局 <http://www.stat.go.jp/data/kakei/index.htm>
- 5) 2003年版岩手年鑑；岩手日報社，2002

報 文

感染症による健康危機管理システムに関する研究

(感染症発生動向調査データを利用した感染症発生流行予測モデルの構築)

佐藤 卓

感染症の流行の未然防止対策に資するため、感染症発生動向調査データを利用した感染症流行の短期予測を試みた。1981年から実施されている感染症発生動向調査事業で得られた患者情報を多変量解析することにより得られた感染症流行予測モデルでは、ほとんどの疾病で流行の開始が、また、いくつかの疾病で流行のピーク時の患者数が高い確率で予測できることがわかった。

I はじめに

感染症発生動向調査は、感染症の流行の早期把握やトレンド把握を目的として、1981年から予算事業で、1999年4月からはいわゆる感染症法に基づいた事業として実施されており、同調査で得られた患者情報は、保健所、都道府県と国の間でオンラインシステムにより迅速に報告、集計、還元が行われている。

一方、感染症の流行の予防対策には、予防接種の促進、学校、幼稚園などでのうがい、手洗いの励行など、流行前の施策が有効であり、流行の予測ができれば流行の未然防止が期待できる。今回、感染症発生動向調査の患者情報を利用し、感染症の短期流行予測モデルの構築を試みたところ、ある程度流行の予測が可能であることがわかった。

II 解析方法

1 解析対象

調査対象地域は岩手県とし、調査対象疾病は感染症法で定める四類定点把握対象の基幹定点以外報告疾患とした(表1)。解析対象期間は1981年第27週から2002年第40週までとした。

ただし、感染症法施行以前の解析対象疾病は現行の疾病分類に案分した。

疾病名	
1	インフルエンザ
2	咽頭結膜熱
3	A群溶血性レンサ球菌咽頭炎
4	感染性胃腸炎
5	水痘
6	手足口病
7	伝染性紅斑
8	突発性発疹
9	百日咳
10	風疹
11	ヘルパンギーナ
12	麻疹(成人麻疹を除く)
13	流行性耳下腺炎
14	急性出血性結膜炎
15	流行性角結膜炎

表1 調査対象疾病

2 解析方法

疾病ごとの「定点・週当たり患者数」(以下「患者数」とする)を多変量解析することにより、流行の開始の有無及び流行の量を予測するモデルを構築した。

(1) 流行の定義

厚生労働省が推奨する警報・注意報システムでは、保健所管内ごとに疾病別の患者発生状況に応じて警報または注意報が発令される。今回の予測モデルの構築には保健所管内ごとの患者数を県内分すべて集計した患者数を用いるため、県レベルでの流行開始値と流行終息値を設定した(表2)。

流行開始値

県内いずれかの保健所で警報が発令されたときの県患者数の最小値と、県内どこの保健所でも警報が発令されていないときの県患者数の最大値との平均値とした。

流行開始値の最小値は0.2とした。

流行終了値

県内すべての保健所で警報が終息したときの県患者数の平均値または中央値とした。

(定点・週当たり患者数)

疾病名	開始	終息
1 インフルエンザ	8.0	3.30
2 咽頭結膜熱	0.2	0.06
3 A群溶血性レンサ球菌咽頭炎	1.0	0.60
4 感染性胃腸炎	7.0	4.50
5 水痘	2.5	1.80
6 手足口病	1.5	0.70
7 伝染性紅斑	0.4	0.20
8 突発性発疹	1.0	0.70
9 百日咳	0.2	0.04
10 風疹	0.6	0.30
11 ヘルパンギーナ	2.0	0.80
12 麻疹(成人麻疹を除く)	0.3	0.08
13 流行性耳下腺炎	1.5	0.70
14 急性出血性結膜炎	0.2	0.04
15 流行性角結膜炎	2.0	2.00

表2 疾病ごとの流行開始値と流行終息値

(2) 多変量解析

データの加工・集計

多変量解析のための患者数データには、10保健所分の週報告患者数を集計した岩手県週報告患者数の3値移動平均値を用いた。

第53週のデータは次年第1週データとの平均値を次年第1週データとし、すべての年を52週として集計した。

流行継続が3週未満のデータセットは流行の量の予測モデル算出には用いなかった。

多変量解析の演算はDr. SPSS II for Windowsで行った。

流行開始の予測モデル

流行時期以外のデータを用い、1週後、2週後及び3週後の流行開始予測モデルをロジスティック回帰分析で構築した。

a. 結果変数

$P1(x)$: 1週後に流行が開始する確率

$P2(x)$: 2週後に流行が開始する確率

$P3(x)$: 3週後に流行が開始する確率

b. 説明変数

X1: 当該週患者数

X2: 当該週の前週からの患者増加数

X3: 1週前の週の前週からの患者増加数

X4: 2週前の週の前週からの患者増加数

X5: 「当該週の患者数」の「過去5年間(前、当該、後の各3週間)の患者数」に対する比

X6: 「当該週を含む前4週の患者数」の「当該週を含む前8週の患者数」に対する比¹⁾²⁾

X7: 「当該週を含む前4週の患者数」の「過去5年間(前、当該、後の各4週間)患者数」に対する比¹⁾²⁾³⁾

流行の量の予測モデル

流行開始後3週目時点において、流行の長さ(週数)、大きさ(延べ患者数)及びピーク時患者数の予測モデルを重回帰分析で構築した。

a. 結果変数

Y1: 長さ(週数)

Y2: 大きさ(延べ患者数)

Y3: ピーク時患者数

b. 説明変数

X1: 当該週患者数

X2: 当該週の前週からの患者増加数

X3: 1週前の週の前週からの患者増加数

X4: 2週前の週の前週からの患者増加数

X5: 3週前の週の前週からの患者増加数

X6: 4週前の週の前週からの患者増加数

X7: 「当該週の患者数」の「過去5年間(前、当該、後の各3週間)の患者数」に対する比

X8: 「当該週を含む前4週の患者数」の「当該週を含む前8週の患者数」に対する比¹⁾²⁾

いずれもモデルが得られなかった。ピーク時患者数はあまり予測できない。

III 結果

疾病ごとの流行予測モデルを別表に示す。

1 インフルエンザ

流行の開始は、1週後及び2週後についてはよく予測できる。流行の量は、流行週数についてはモデルが得られなかった。ピーク時患者数はよく予測できる。

2 咽頭結膜熱

流行の開始は、1週後についてはよく予測できるが、2週後以降はほとんど予測できない。流行の量についてはいずれもあまりよく予測できない。

3 A群溶血性レンサ球菌咽頭炎

流行の開始は、1週後についてはある程度予測できるが、2週後以降はあまり予測できない。流行の量についてはいずれもあまり予測できない。

4 感染性胃腸炎

流行の開始は、1週後についてはある程度予測できるが、2週後以降はあまり予測できない。流行の量は、流行週数及び延べ患者数についてはいずれもモデルが得られなかった。ピーク時患者数はよく予測できる。

5 水痘

流行の開始は、1週後についてはある程度予測できるが、2週後以降はあまり予測できない。流行の量についてはいずれもある程度予測できる。

6 手足口病

流行の開始は、1週後についてはある程度予測できるが、2週後以降はあまり予測できない。流行の量は、延べ患者数とピーク時患者数についてはいずれもよく予測できる。

7 伝染性紅斑

流行の開始は、1週後についてはある程度予測できるが、2週後以降はほとんど予測できない。流行の量についてはいずれもあまり予測できない。ピーク時患者数はモデルが得られなかった。

8 突発性発疹

流行の開始は、1週後についてはある程度予測できるが、2週後以降はほとんど予測できない。流行の量は、流行週数及び延べ患者数については

9 百日咳

流行の開始は、1週後についてはある程度予測できるが、2週後以降はほとんど予測できない。流行の量は、流行週数及び延べ患者数についてはいずれもモデルが得られなかった。ピーク時患者数はよく予測できる。

10 風疹

流行の開始は、1週後についてはよく予測できるが、2週後以降はほとんど予測できない。流行の量は、流行週数についてはモデルが得られなかった。延べ患者数とピーク時患者数はいずれもよく予測できる。

11 ヘルパンギーナ

流行の開始は、1週後についてはよく予測できるが、2週後以降はあまり予測できない。流行の量についてはピーク時患者数はある程度予測できる。

12 麻疹（成人麻疹を除く）

流行の開始は、1週後についてはよく予測できるが、2週後以降はほとんど予測できない。流行の量については流行週数及び延べ患者数はいずれもモデルが得られなかった。ピーク時患者数はあまり予測できない。

13 流行性耳下腺炎

流行の開始についてはほとんど予測できない。流行の量についてはある程度予測できる。

14 急性出血性結膜炎

流行の開始は、1週後についてはある程度予測できる。2週後及び3週後ではモデルが得られなかった。流行の量は、1986年までの流行についてはある程度よく予測できたが、最近の流行ではあまり予測できない。

15 流行性角結膜炎

流行の開始は、1週後についてはよく予測できるが、2週後以降はほとんど予測できない。流行の量についてはいずれもよく予測できる。

IV まとめ

今回構築した流行予測モデルでは、ほとんどの

疾病で1週後の流行開始が高い確率で予測できたが、流行性耳下腺炎など患者数の増加が緩慢で流行期間が比較的長期に及ぶ疾病は予測が難しかった。また、インフルエンザや手足口病など、流行に季節性があり患者数が急激に増加する傾向のある疾病ではよくピーク時患者数を予測できたが、突発性発疹などめだつた流行が無くほぼランダムに患者が発生する疾病では予測は難しかった。

今後は、より早期の予測と予測精度の向上のため、さらに検討を加えていく必要がある。

感染症対策においては、それぞれの疾病について今回構築した流行予測モデルを有効に活用することにより、流行開始前の予防対策に十分資することができるものと思われる。

この研究は国立保健医療科学院平成14年度特別課程疫学統計コースの課題として実施したものである。

文献

- 1) 長谷川伸作ほか: 感染症サーベイランス患者発生予測モデルの検討, 感染症学雑誌, 73(9), 982-983, 1999
- 2) 長谷川伸作ほか: 感染症発生動向調査情報の迅速還元と流行予測, 情報処理学会誌 データベース, 40(No.SIG6(TOD3)), 132-40, 1999
- 3) Stroup, D.F., M. Wharton, K. Kafadar and A.G. Dean: Evaluation of a Method for Detecting Aberrations in Public Health Surveillance Data, American J. of Epidemiology, 137, 373-381, 1993
- 4) 岩手県結核・感染症情報センターのホームページ
<http://www.pref.iwate.jp/~hp1353/kansen/>

別表

1 流行開始の予測モデル

疾病	流行開始の予測	ロジスティック回帰モデル	-2 対数尤度	Hosmer と Lemeshow の検定 (有意確率)
(1) インフルエンザ	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -7.27+0.77*X1+1.84*X2$	26.112	1.000
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -5.01+1.88*X1+4.21*X2-4.25*X3+3.71*X4-4.76*X7$	39.137	0.671
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -4.40+4.46*X2-0.15*X5+0.96*X6$	115.066	0.712
(2) 咽頭結膜熱	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -10.10+51.74*X1+67.48*X2-34.48*X3-20.82*X4$	78.712	0.997
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -4.19+19.09*X1$	253.605	0.496
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -3.96+16.51*X1$	260.840	0.121
(3) A群溶血性レンサ球菌咽頭炎	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -16.49+17.68*X1+16.87*X2-7.57*X3$	100.834	0.996
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -8.84+7.51*X1-3.42*X4+1.93*X6$	278.646	0.701
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -7.14+6.08*X1+1.57*X6$	334.038	0.881
(4) 感染性胃腸炎	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -31.57+4.60*X1+6.28*X2-2.04*X3$	27.811	1.000
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -7.60+0.89*X1+2.21*X2$	106.071	0.995
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -5.48+0.50*X1+2.29*X2$	160.196	0.548
(5) 水痘	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -29.47+12.91*X1+12.16*X2-7.80*X4$	65.711	0.996
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -12.27+2.62*X1+5.33*X6$	202.810	0.545
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -9.57+1.56*X1+2.37*X2+3.33*X3+3.07*X6+1.96*X7$	237.812	0.245
(6) 手足口病	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -20.44+18.07*X1$	13.711	1.000
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -13.04+6.36*X1+6.27*X2+3.75*X6$	41.678	1.000
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -10.58+4.81*X1+8.09*X2+3.42*X6$	75.914	0.978
(7) 伝染性紅斑	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -14.71+22.96*X1+85.88*X2+0.88*X5$	35.353	1.000
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -5.01+8.74*X1+0.38*X5$	142.992	0.731
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -4.51+6.01*X1+12.52*X2+4.4*X5$	163.606	0.479
(8) 突発性発疹	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -22.50+27.31*X1-14.50*X3-7.88*X4+9.91*X5-11.67*X7$	121.804	0.991
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -8.03+7.87*X1-3.66*X3-3.22*X4$	285.769	0.351
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -7.86+7.76*X1-4.83*X3-4.52*X4$	293.428	0.675
(9) 百日咳	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -14.37+168.33*X1-84.62*X3-4.89*X7$	26.707	1.000
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -5.12+18.80*X1$	109.092	0.857
	3週後開始	-		
(10) 風疹	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -21.05+41.91*X1+14.57*X5+5.08*X6-27.02*X7$	23.869	1.000
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -5.79+10.62*X1+8.59*X3$	102.387	0.837
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -5.85+11.87*X1+6.44*X2$	114.959	0.702
(11) ヘルパンギーナ	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -21.61+10.16*X1+17.80*X2$	17.801	1.000
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -6.33+3.77*X1+5.93*X2$	68.874	0.992
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -5.09+9.62*X2+7.64*X3+9.67*X4$	89.180	0.728
(12) 麻疹	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -16.28+47.18*X1+98.45*X2$	17.517	1.000
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -5.21+22.54*X1-11.55*X2+11.12*X3$	140.795	0.398
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -4.87+21.02*X1$	168.427	0.248
(13) 流行性耳下腺炎	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -10.19+26.36*X2+2.22*X7$	18.3444	1.000
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -10.68+7.89*X1$	32.9953	0.997
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -10.11+7.74*X1$	43.9503	0.999
(14) 急性出血性結膜炎	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -5.84+30.03*X1+66.98*X2-16.02*X4$	61.432	0.729
	2週後開始	-		
	3週後開始	-		
(15) 流行性角結膜炎	1週後開始	$\log\{P1(x)/(1-P1(x))\} = -11.44+6.02*X1+7.43*X2$	104.578	0.927
	2週後開始	$\log\{P2(x)/(1-P2(x))\} = -4.63+1.56*X1+1.69*X2$	253.633	0.766
	3週後開始	$\log\{P3(x)/(1-P3(x))\} = -4.79+2.14*X1$	315.718	0.486

2 流行の量の予測モデル

疾病	流行の量の予測	重回帰モデル	R2乗
(1)インフルエンザ	流行週数	-	
	延べ患者数	$Y2=37.07+8.71 \times X2+17.78 \times X5$	0.684
	ピーク時患者数	$Y3=1.03+2.35 \times X2+1.42 \times X4+3.28 \times X5$	0.957
(2)咽頭結膜熱	流行週数	$Y1=-1.71+7.83 \times X7$	0.361
	延べ患者数	$Y2=-1.77+3.01 \times X7$	0.417
	ピーク時患者数	$Y3=0.10+0.21 \times X7$	0.601
(3)A群溶血性レンサ球菌咽頭炎	流行週数	$Y1=9.23+11.72 \times X2$	0.108
	延べ患者数	$Y2=11.49+24.65 \times X2$	0.207
	ピーク時患者数	$Y3=1.70+1.77 \times X2$	0.436
(4)感染性胃腸炎	流行週数	-	
	延べ患者数	-	
	ピーク時患者数	$Y3=7.63+2.28 \times X3+2.61 \times X5+2.05 \times X7-5.48 \times X8$	0.852
(5)水痘	流行週数	$Y1=4.67+4.18 \times X2+9.07 \times X3+8.71 \times X5$	0.652
	延べ患者数	$Y2=-4.24+15.28 \times X2+24.37 \times X3+29.49 \times X5+16.78 \times X7$	0.746
	ピーク時患者数	$Y3=2.20+1.52 \times X2+1.68 \times X7$	0.626
(6)手足口病	流行週数	$Y1=12.56+5.92 \times X4$	0.633
	延べ患者数	$Y2=23.77+48.04 \times X2$	0.935
	ピーク時患者数	$Y3=2.31+6.09 \times X2$	0.896
(7)伝染性紅斑	流行週数	$Y1=13.39+271.87 \times X5$	0.548
	延べ患者数	$Y2=4.59+270.33 \times X5$	0.586
	ピーク時患者数	-	
(8)突発性発疹	流行週数	-	
	延べ患者数	-	
	ピーク時患者数	$Y3=0.86+0.30 \times X7$	0.351
(9)百日咳	流行週数	-	
	延べ患者数	-	
	ピーク時患者数	$Y3=0.39+1.17 \times X5-0.15 \times X8$	0.810
(10)風疹	流行週数	-	
	延べ患者数	$Y2=-1.00+52.26 \times X7$	0.841
	ピーク時患者数	$Y3=0.75-14.09 \times X2+17.69 \times X4-31.41 \times X6+3.87 \times X7$	0.982
(11)ヘルパンギーナ	流行週数	$Y1=11.19+6.74 \times X2-3.85 \times X3$	0.404
	延べ患者数	$Y2=22.47+17.16 \times X2$	0.326
	ピーク時患者数	$Y3=0.73+2.75 \times X7$	0.774
(12)麻疹	流行週数	-	
	延べ患者数	-	
	ピーク時患者数	$Y3=0.20+8.53 \times X3$	0.440
(13)流行性耳下腺炎	流行週数	$Y1=-33.56+244.90 \times X3+194.11 \times X4$	0.930
	延べ患者数	$Y2=-86.88+569.91 \times X3+480.56 \times X4$	0.906
	ピーク時患者数	$Y3=-0.08+13.19 \times X3+7.57 \times X4$	0.874
(14)急性出血性結膜炎	流行週数	$Y1=6.42+2.84 \times X2$	0.532
	延べ患者数	$Y2=5.28+13.86 \times X2$	0.951
	ピーク時患者数	$Y3=1.70+2.69 \times X2$	0.928
(15)流行性角結膜炎	流行週数	$Y1=1.17-4.47 \times X6+1.72 \times X7$	0.948
	延べ患者数	$Y2=24.04-42.35 \times X6$	0.912
	ピーク時患者数	$Y3=2.13+3.39 \times X4-3.97 \times X6$	0.891

報 文

腸炎ビブリオ食中毒予防対策の構築に関する研究

藤井伸一郎 佐藤直人 高橋朱実 佐藤卓 齋藤幸一 田澤光正

腸炎ビブリオ食中毒の発生予測と予防対策の構築に資するため、環境の腸炎ビブリオ汚染状況調査及び散発患者由来菌株の検査を実施した。環境の汚染状況調査は、海水及び海泥を検体とし、菌の分離とPCRによるスクリーニング検査を実施した。スクリーニング検査は、腸炎ビブリオに特異的に分布しているLDH（レシチン依存性溶血毒）並びに病原因子であるTDH（耐熱性溶血毒）及びTRH（耐熱性溶血毒類似毒素）の検出を試みた。

腸炎ビブリオの分離は、夏期（8～9月）に最高に達し、分離期間は海水より海泥の方が長かった。LDHは、菌が分離された期間とほぼ同様に検出されたが、海泥では12月の冬期まで検出された。病原因子であるTDH等は、海水等から検出され病原因子保有菌の存在が推定された。散発患者分離菌株は18株分離され、血清型別内訳は、O3：K6が12株（67%）、O4：K8が2株（11%）、その他の血清型が4株（22%）であった。病原因子保有状況は、17株がTDHを、1株（O6：K18）がTDH及びTRHを保有していた。パルスフィールドゲル電気泳動法（PFGE）による遺伝子解析結果では、血清型毎に異なった泳動パターンを示した。

今後は、環境から病原因子保有菌を効率的に分離する方法等を確立し、散発患者分離菌株との関連性について検討することが重要であると思われる。

I はじめに

腸炎ビブリオ食中毒の発生予測と予防対策の構築に資するため、環境の腸炎ビブリオ汚染状況調査及び散発患者から分離された腸炎ビブリオ菌株の血清型別検査等を実施した。

II 調査方法

1 環境の腸炎ビブリオ汚染状況調査

海水3地点（宮古市宮古漁協付近、宮古市閉伊川河口、山田町織笠川河口）、海泥2地点（閉伊川河口、織笠川河口）を定点として、平成14年4月～平成15年1月の期間、毎月1回の割合で検体を採取した。

検査方法は¹⁾²⁾、海水1リットルを径47mm、0.2µm孔径のメンブランフィルターでろ過し、そのメンブランフィルターを1%NaCl加トリ

プトソイブロス（37℃、6h）、次にアルカリペプトン水（37℃、8～10h）で二段増菌した。海泥については食塩ポリミキシンブイオンで10倍希釈した上清を37℃で一夜培養した。

それぞれの増菌培養液について、TCBS分離培地による菌分離とPCRによるスクリーニング検査を実施した。スクリーニング検査は、腸炎ビブリオに特異的に分布しているLDH、並びに病原因子であるTDH及びTRHをコードする遺伝子の検出を行った。また、定量試験はMPN法（3本法）を用いた。

2 散発患者分離菌株の検査

平成14年4～12月の期間に、県内全域の医療機関から検査依頼を受け付けている民間の検査機関で分離された菌株の提供を受け、血清型別検査、

病原因子保有状況調査及びP F G Eによる遺伝子解析(制限酵素 *Not*)を行った。

III 結果

1 環境の汚染状況調査結果(表1)

海水から菌が分離された期間は、宮古漁港8~9月、閉伊川河口8~10月、織笠川河口6~10月であった。海泥から菌が分離された期間は、閉伊川河口7~11月、織笠川河口6~11月であった。

L D Hは、菌が分離された期間とほぼ同様に検出されたが、海泥では12月の冬期まで検出された。T D H及びT R Hは、海水等のスクリーニング検査で検出されたが、それらを保有する菌は分離されなかった。

2 散発患者分離菌株の検査結果

(1) 月別分離株数(H12~14)(図1)

8~9月に集中して分離され、平成14年は、8月に11株、9月に7株、計18株分離された。

(2) 血清型別推移(H12~14)(図2)

毎年、O3:K6が最も多く分離されている。O4:K68は、平成13年にはO3:K6に次いで多く分離されたが、平成14年には分離されなかった。

(3) 血清型別内訳(H14)(図3)

O3:K6が12株(67%)、O4:K8が2株(11%)、その他の血清型が4株(22%)であった。

(4) 病原因子保有状況(H14)(表2)

T D Hを保有している株が17株、T D HとT R Hの両方を保有している株が1株(O6:K18)であった。

(5) P F G Eによる遺伝子解析(図4)

泳動パターンは、血清型毎に異なったパターンを示した。

考察

環境(海水・海泥)から菌分離を試みた結果、海水からは8~9月の期間3地点全てから、海泥からは7~11月の期間2地点全てから菌が分離された。分離期間は、海水より海泥の方が長く、また、腸炎ビブリオの存在を示唆するL D Hは、海泥では12月の冬期まで検出された。腸炎ビブリオは、海水温が15以上上昇すると海水中に出現し、7~9月初旬にかけて最高に達し、その後水温の低下とともに減少し、冬期は海底泥土中に生残するといわれており

3)、ほぼそれを裏付ける結果であった。

腸炎ビブリオの病原因子であるT D H等は、海水等から検出され、病原因子保有菌の存在が推定されたが、分離培地では分離されず、散発患者分離菌株との関連性について検討できなかった。今後、我妻培地や尿素培地等の併用等、効率的な分離方法の確立について検討が必要である。

散発患者由来菌株は、依然としてO3:K6が最も多く分離されている。O3:K6と遺伝的に非常に似ているといわれるO4:K68は⁴⁾、平成13年にはO3:K6に次いで分離されていたが、平成14年には分離されなかった。しかし、O3:K6がO4:K8にとって変わったように、今後O4:K68による血清型の交代が起こるのかどうか継続してモニタリング調査する必要がある。

今後、食中毒発生予測のためには、患者分離菌株のP F G Eによる遺伝子解析等のデータベースを作成し、また、環境から病原因子保有菌を効率的に分離する方法を確立し、患者分離菌株との関連性について調査することが重要であると思われる。

なお、この研究は、平成14年度岩手県地域課題調査研究事業の助成金の交付を受けて実施した。

文献

- 1) 厚生省生活衛生局監修：食品衛生検査指針 微生物編,134 - 141,1990
- 2) 宮島嘉道他：腸炎ビブリオ食中毒の発生予測・予防対策構築に関する研究,厚生科学研究費補助金生活安全総合研究事業研究報告書,2000
- 3) 坂崎利一：食水系感染症と細菌性食中毒,158 - 159,2000
- 4) 病原微生物検出情報：Vol.20, No159 - 167,1999

表1 環境(海水・海泥)の腸炎ビブリオ汚染状況調査結果

月		H14.4	H14.5	H14.6	H14.7	H14.8	H14.9	H14.10	H14.11	H14.12	H15.1
宮古漁港 (海水)	菌数(/100ml)					3.0	11.0				
	LDH	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
	TDH/TRH	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	気温	22.5	21.1	20.9	29	31.4	32.1	19.2	9	1.7	2.6
	海水温	11.5	12.7	19	20.1	21.3	22.2	16.9	11.5	9	8
閉伊川河口 (海水)	菌数(/100ml)					<3	<3	<3			
	LDH	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
	TDH/TRH	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
	気温	20.1	19.8	26.6	31	33.2	33	19.7	8.2	1.5	2.9
	海水温	13.2	12.1	19	17.1	20.2	21.6	11.2	7	5	5
織笠川河口 (海水)	菌数(/100ml)			<3	<3	<3	3.6	<3			
	LDH	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
	TDH/TRH	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-
	気温	17.3	23	27.3	32.2	31.3	32.5	18.3	18.3	0	4.5
	海水温	9	15.9	22	20.1	22.4	21.8	15.1	15.1	11	8
閉伊川河口 (海泥)	菌数(/10g)				<3	<3	53.0	<3	3.6		
	LDH	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-
	TDH/TRH	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	+/+	-/-	-/-	-/-	-/-
織笠川河口 (海泥)	菌数(/10g)			<3	3.6	43.0	16.0	6.2	9.1		
	LDH	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	TDH/TRH	-/-	-/-	-/-	-/-	+/-	+/-	-/-	-/-	-/-	-/-

表2 散発患者分離菌株の病原因子保有状況

血清型	株数	TDH(+)	TRH(+)
O1:K25	1	1	0
O1:KU	1	1	0
O3:K6	12	12	0
O3:K29	1	1	0
O4:K8	2	2	0

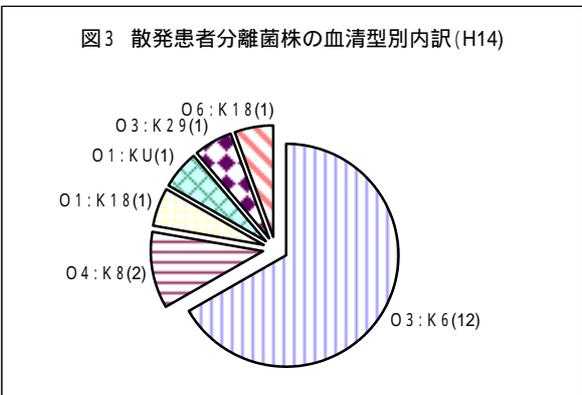
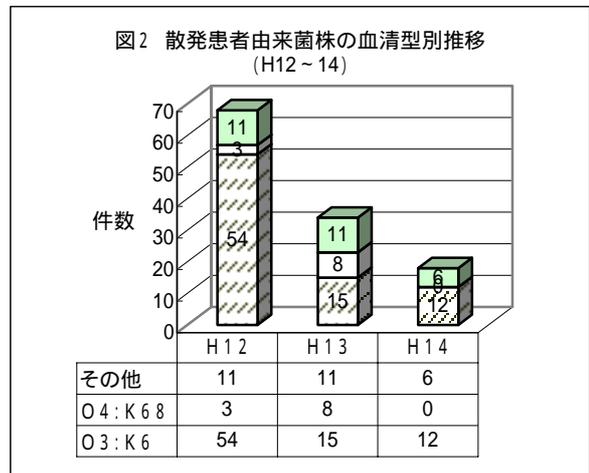
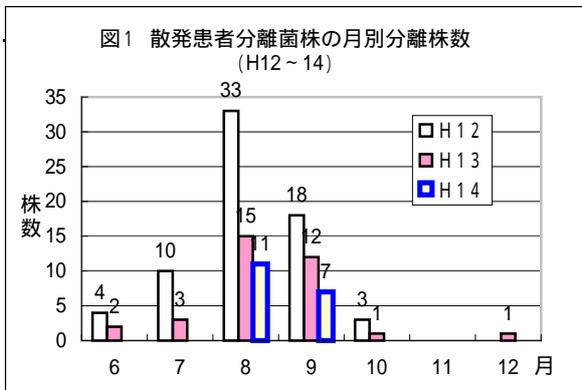


図4 散発患者分離菌株のPFGEによる遺伝子解析結果(H14)

